

E6048

Head positioning system with automatic gain control

Patent Number: ☐ US4578723
 Publication date: 1986-03-25
 Inventor(s): BETTS ALAN J (GB); ELLIOTT PETER J (GB)
 Applicant(s): IBM (US)
 Requested Patent: ☐ JP58222468
 Application Number: US19830504552 19830615
 Priority Number(s): EP19820303179 19820618
 IPC Classification:
 EC Classification: G11B5/596C5
 Equivalents: DE3275670D, ☐ EP0097208, B1, JP1036186B, JP1551257C

Abstract

A head positioning system with automatic gain control for use in disk information storage apparatus employs multiphase radial position error signals derived from position reference information on the disk to control the position of a transducing head by means of a head positioning actuator. A variable gain amplifier amplifies the signals from the transducing head prior to their application to a position error signal generating means. The gain of the amplifier is controlled in a gain control loop by a gain function. The gain function is derived by combining the different phase position error signals to provide, at any position of the head, a measurement of the rate of change of the position error signals per track of displacement. This system affords gain control which is substantially independent of head width and limits variations in offtrack gain between heads.

Data supplied from the esp@cenet database - 12

THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭58—222468

⑪ Int. Cl.³
G 11 B 21/10

識別記号

庁内整理番号
B 7541—5D

⑬ 公開 昭和58年(1983)12月24日

発明の数 1
審査請求 有

(全 16 頁)

⑭ ヘッド位置決めシステム

⑮ 特 願 昭58—87784

⑯ 出 願 昭58(1983)5月20日

優先権主張 ⑰1982年6月18日 ⑱欧州特許機
構(E P)⑲82303179.4

⑳ 発 明 者 アラン・ジョン・ベツツ
イギリス国ハンプシャー・ロム
スイ・オーグリッジ・ダンブリ
ツジ・レーン・セツト・フェア
(番地なし)

㉑ 発 明 者 ピーター・ジェームズ・エリオ

ツト

イギリス国ハンプシャー・オー
レスフォード・グランジ・ロー
ド・ブルックウッド(番地な
し)

㉒ 出 願 人 インターナショナル・ビジネス
・マシーンズ・コーポレーシ
ョ
アメリカ合衆国10504ニューヨ
ーク州アーモンク

㉓ 代 理 人 弁理士 山本仁朗 外1名

明 細 書

1. 発明の名称 ヘッド位置決めシステム

2. 特許請求の範囲

ディスクにおけるデータ・トラックの位置を定
める位置基準情報として、それぞれトラック方向
及び半径方向において反復する複数のエレメント
から成り且つ互いに半径方向においてずれて配列
された複数のサーボ・パターンを記録してあるデ
ィスクと、上記位置基準情報を検出して、それを
表わす信号を生じるヘッドと、該ヘッドを上記デ
ィスクの半径方向に動かす作動手段と、上記ヘッ
ドからの信号を増幅する可変利得増幅器と、該可
変利得増幅器によつて増幅された信号を受け取り、
上記複数のサーボ・パターンに関連して上記、
ヘッドの変位につれて周期的に変化する位相の
異なつた複数の位置誤差信号を生じる手段と、こ
れらの位置誤差信号に基いて上記作動手段を制御
するフィードバック手段とを有するヘッド位置決
めシステムであつて、上記複数の位置誤差信号を

部分的に組合わせてトラック幅相当の変位当りの
位置誤差信号の変化率を表わす利得関数信号を生
じる手段と、上記変化率をほぼ一定に保つ様に上
記利得関数信号に応じて上記可変利得増幅器の利
得を制御する手段とを有することを特徴とするヘ
ッド位置決めシステム。

3. 発明の詳細な説明

本発明は磁気ディスク装置用の自動利得制御機
能付きヘッド位置決めシステムに関する。

〔従来技術〕

回転するディスク状媒体にデジタル若しくは
アナログ情報を記録する技術は周知である。特に
データ処理の分野で用いられている磁気ディスク
装置は良く知られている。情報はディスクの表面
に隣接して支持されている電磁変換ヘッドによつ
てディスク上の同心円トラックに対して書き込ま
れたり、逆にそれから読出されたりする。典型的な
磁気ディスク装置は10トラック/mm程度のト
ラック密度を有する。この様な装置は、選択され

たトラックの上にヘッドを正確に位置決めして維持するヘッド位置決めシステムにおいて用いるための位置基準情報を持つていなければならない。ヘッドを成るトラックの上に維持する動作はトラック追従動作として知られている。一方、或るトラックから別の所望のトラックの上まで動かす動作はトラック・アクセス動作と呼ばれている。位置基準情報はこのような両方の動作のために用いられる。

或る磁気ディスク装置では、データ記録用のディスク面とは別の専用のディスク面に位置基準情報が記録されている。この種のヘッド位置決めシステムを用いる磁気ディスク装置の例はIBM Journal of Research And Development Vol. 18 No. 6 November 1974の第506頁におけるR. K. Oswaldの論文において説明されている。この種のシステムは位置基準情報が継続的に得られるという長所を有する。しかしながら、トラック密度が高くなると、離れている位置基準情報記録部とデータ記録トラックとの間の緻密な整列状態を確保することが難しくな

るという欠点もある。

このような欠点を除去するためにデータ記録面のセクタに位置基準情報を記録する技術も考え出されている。このセクタはサーボ・セクタと呼ばれデータの記録のためのデータ・セクタと交互に配置され、ディスクの回転中にサンプリングによつて検出されて、データ・トラックと正確に整列した位置基準情報をもたらす。このようなシステムの例は英国特許第1314695号に示されている。

前述の専用サーボ・システム及びサンブル・サーボ・システムは両方とも交互に2種類のサーボ・トラックを配置し、それらの間の境界線によつてデータ・トラックの中央線を示す点で共通している。ヘッドによつて検出されるとき2種類のサーボ・トラックに基く信号成分は互いに分離可能である。復調器はこれらの信号成分を分離し、両者の振幅の差に基いて位置誤差信号を生じる。位置誤差信号はトラックを横切るヘッドの移動につれて周期的に変化する。理想的状態では、この信号は傾斜が交互に反転する線形(直線)部分か

ら成り、ヘッドがサーボ・トラック間の境界線に対して対称的に位置づけられるとき0レベルになる。

実際には、2種類のサーボ・トラックに基く信号成分 p と q との間の差 $p - q$ はサーボ・トラック境界線を基準とするヘッドの変位を正確に示しているわけではない。その理由の1つは、ディスク上の半径方向位置によつてヘッドの浮上高度が異なり、それがヘッドの検出信号の振幅に影響するということである。この問題を解決するために、前述の2つのシステムに関して、2つの信号成分の和 $p + q$ を別個に求めて利用することが提案されている。 $p + q$ はヘッドの全幅応答に対応しているため、一定であり、位置誤差信号の振幅を正規化するために使用可能である。結局、位置誤差信号の値は $(p - q) / (p + q)$ に定数を掛けたものによつて示される。この技術はヘッドによつて検出された信号を受け取る可変利得増幅器の自動利得制御として実施される。利得制御信号は $p + q$ を基準値と比較することによつて得られ、

増幅器の利得を制御する様にフィードバックされる。

位置基準情報に関する別の技術として、IBM Technical Disclosure Bulletin Vol. 18 No. 8 Jan. 1976の第2656及び2657頁に示されている様なナル(null)パターンを用いるものがある。このパターンも交互に異なつたサーボ・トラックを用いているが、極性反転位置は全てのサーボ・トラックを通じて一致している。隣接する2つのサーボ・トラックの境界線の真上に位置づけられるヘッドは同等で逆極性の磁束変化を受けるので、正味の出力信号は0である。ヘッドの位置がずれると、磁束変化は同等でなくなり、従つて、誤差信号が生じる。この技術においては、ヘッドの出力信号から2つのサーボ・トラックに基く成分を分離することはできない。従つて、位置基準情報に基いて生成される信号によつてヘッドの応答を正規化することはできない。そのため、サーボ・トラック対の前で共通する一辺のトランジションを有する利得フ

フィールドが設けられる。利得フィールドに応じてヘッドから生じる信号はトランジションに対するヘッドの応答の最大振幅を衰わしているので、平均化された後、位置誤差信号を正規化するために用いられる。

以上の様な従来の自動利得制御技術は異なるヘッドの応答を或る程度正規化できるが、ヘッドの幅が異なっている場合には、十分ではない。トラック密度が非常に高い場合には、制御するのが困難になるほどヘッドの幅を減少させなければならないので、どうしてもヘッドの幅が一様でなくなるのである。電磁変換ヘッドの場合、縁部磁界の影響があるので、ヘッドの実効幅は実際のギャップ幅よりも大きい。この様な状況においてクロストークを防ぐには、全てのデータ・ヘッドの幅をデータ・トラック幅よりも十分に小さくすることが重要である。又、縁部磁界による位置誤差信号の劣化を防ぐためにも、サーボ・トラック幅(ピッチ)よりも小さなヘッド幅を選択することが望ましい。セクタ・サーボ位置基準情報を読取るた

ック利得の調節のために、特別のキャリブレーション・トラック領域が設けられている。この領域における極性反転部A及びBはデータ・トラックの中央線から同等の距離だけ反対方向に離れ且つその距離が相次ぐセクションにおいて徐々に大きくなる様に書込まれている。これは一時的にヘッドがオフトラック状態になつたのと同様な影響をヘッドの応答に対してもたらす。ヘッドの応答は平均化されて、第2の制御信号として可変利得増幅器に与えられる。これによつてオフトラック利得の正規化が行われる。後で述べる様に、本発明はこの様な特別のトラック領域を必要とせずオフトラック利得の制御を行うことを意図している。

更に他の従来技術の例が英国特許第1489078号に開示されている。この場合、2つの連続的サーボ・トラックに基く信号を復調するための2つのサーボ・チャネルのそれぞれにある可変利得増幅器を別個に調節することによつて、複数のヘッドやサーボ・チャネルの非対称性に関連した問題を解決している。この技術は曲がりくねつて

めに幅の狭いデータ・ヘッドを用いる場合には、もし通常のAGCを行うならば、オフトラック応答の大きな変動が生じることが分かっている。通常のAGCを用いる状況において幅の異なつたヘッドに関して得られる位置誤差信号の傾斜の変化については後で第11図を参照しながら説明する。

なお、従来も、専用サーボ・システムについて、この様な問題が認識されており、IBM Technical Disclosure Bulletin Vol 20 No.1 June 1977の第349及び350頁に示されている様な解決策も考えられている。この文献の技術はトラック方向において順次離隔されており且つ半径方向において部分的に重なり合いつつに並んでいる4つの極性反転部A、C、B、Dを含むパターンを用いている。AとBとの間の境界線が1つのトラックの中心線を定め、CとDとの間の境界線が別のトラックの中心線を定めている。そして、これらの極性反転部に基く信号の和に応じて可変利得増幅器を制御する通常のAGC回路が用いられている。更に、オフトラ

書込まれたサーボ・トラックを用いている。ディスクが正常な速度で回転するとき、或る周波数の正弦波で変調された形の出力信号がヘッドから生じる。その周波数は、2種のサーボ・トラックの各々について別個のチャネルを用いる低帯域フィードバック・ループによる正常なトラック追従動作に影響を及ぼさないほど高い。正弦波変調の高周波成分は別個のチャネルにおいて高域フィルタによつて抽出される。各チャネルにおいて抽出された高周波信号の振幅は、各可変利得増幅器を制御するために用いられ、これによつて応答の非対象性の問題は解決されている。

以上の様に磁気ディスク装置のヘッド位置決めシステムにおけるオフトラック利得の変動の問題は従来から認識されているが、本発明のねらいを更に明確にするために第11図を参照しながら問題点について考察しておくことにする。第11図は通常のAGCループを用いる場合のヘッドの幅の変化に関連した位置誤差信号の変動を示している。この図の左半分には、4つのトラックと3種

類のヘッド300、301、302が示されている。これらのトラックは異なつた位置基準情報を、含む2種類のトラック(P及びQ)を交互に配置したものである。ヘッド301がトラック幅に等しい実効幅を有するのに対し、ヘッド300及び302はそれぞれトラック幅の2/3及び1/3の実効幅を有すると仮定する。

波形304は所定の浮上高度でトラックを直角に横切るヘッド300から生じる信号に基く位置誤差信号、即ちトラックP及びQに対応する信号成分pとqとの差 $p-q$ の変化を示している。波形305は浮上高度が異なるときのヘッド300に関する位置誤差信号を示している。これによつて、利得制御回路の必要性が認められる。右側の波形320は前述の関数 $(p-q)/(p+q)$ に従つて通常のAGCにより波形304及び305を正規化した結果を示している。

ヘッド301及び302に関して $p-q$ を表わす波形306及び307は破線で示されている部分が波形304と異なっている。但し、ヘッド3

01及び302はヘッド300と同じ所定の浮上高度で移動し、且つ同等の特性を有すると仮定されている。関数 $(p-q)/(p+q)$ に従つて通常のAGCにより波形306及び307を正規化した結果は波形321及び322として示されている。これらの波形はオントラック点及び1/2トラック(最大)変位点においては適正な値を示しているけれど、その間における傾斜は適正でないことが明らかである。即ち、幅の異なつたヘッドに関連して通常のAGCを用いるときには、オフトラック利得は線形の変化を示すが一定の傾斜を示さないのである。

従来の或る磁気ディスク装置用のヘッド位置決めシステムの場合、トラック密度が18トラック/mmのときのオフトラック利得の変動は±20%程度であつた。トラック密度が更に高くなれば、この様な変動の割合は更に大きくなる筈であり、データ・トラック幅よりも狭い幅を有するデータ・ヘッドによつてサーボ・トラックを脱取ることを必要とするセクタ・サーボ・システムにおいて

は特に重大な問題を生じる。オフトラック利得の過度の変動は過度の修正又は不十分な修正をもたらし、ヘッドを所望のトラックの上に正確に位置決めしてオフトラック変位を減少させるために最も高いトラック追従ループ利得を必要とする高密度トラック追従サーボ・システムでは安定度が損われる。

オフトラック利得の変動は、例えば欧州公開特許出願第13326号に示されている様なトラック・アクセス・サーボ・システムにおいても問題を生じる。このシステムの場合、アクセス動作中サーボ・セクタから得られる位置誤差信号を標本化し、それを連続的なモデル位置誤差信号と比較することが必要となつている。標本化された実際の位置誤差信号とモデル位置誤差信号との間の差を示すアクセス位置誤差信号はアクセス動作の制御のためにフィードバックされる。標本化された位置誤差信号は異なつたディスク面に関連している複数のヘッドのうちのどれによつて得られた信号に基いているかに拘りなく線形であり且つほぼ

一定のオフトラック利得を有することが重要である。

[発明の概要]

本発明は前述の様な問題点を解決することを目的としている。本発明による自動利得制御機能付きヘッド位置決めシステムはヘッドの任意の位置において複数の相の位置誤差信号を部分的に組合わせて、トラック幅相当の変位当りの位置誤差信号の変化率を表わす利得関数信号を生じる手段と、該変化率をほぼ一定に保つ様に利得関数信号に応じて可変利得増幅器の利得を制御する手段とを有することを特徴としている。

ヘッドの全幅応答に基き且つヘッドの幅の違いによる影響を全く考慮に入れていない従来の自動利得制御技術と違つて、本発明のシステムはヘッドの幅にはほとんど関係なく適正な利得制御を行うことができる。更に、多相位置誤差信号から得られる全ての情報を利用して利得関数信号を生成しているため、前述のIBM TDB Vol. 20

No.1 に示されている付加的なキャリブレーション・トラック領域や英国特許第1489078号に示されている変調のための曲がりくねったトラックを用いることなく、オフトラック利得の精密な制御が達成される。本発明によれば、18トラック/mm より高いトラック密度のマルチ・ヘッド/マルチ・トラック型のセクタ・サーボ・システムにおけるオフトラック利得の変動を±5%以内に維持できることが確認された。

実際のシステムにおいては、各多相位位置誤差信号は各サイクルの限られた範囲においてだけ、ほぼ線形であり、サイクルの残りの部分においては線形でなくなることがわかっている。この場合、組合わされる位置誤差信号のうちの1つがサイクルの非線形部分にあるとき、異なつた相の位置誤差信号と組合わせるための補正信号を利得関数信号発生手段に供給する補正手段を設けることが望ましい。

この補正信号は後で述べる値Kの信号であり、非線形による利得関数の不足を補っている。マル

得制御ループの帯域が迅速な制御を可能ならしめる程高くないということが指摘される。この場合、各サーボ・セクタがヘッドによつて検出可能な利得基準情報を位置基準情報の前に含むことが望ましく、又、ディスクにおける情報に対するヘッド全幅応答を衰わす出力を生じる利得基準情報振幅検出器を含む高帯域の利得制御ループをシステムに設けることが望ましい。そして、2つのループの出力信号を組合わせて可変利得増幅器の利得を制御するのに用いればよい。

この様なシステムは、或るサーボ・セクタを検出している時間中、位置基準情報の復調の前に、高帯域ループによつて信号の振幅を迅速に制御できるといふ長所がある。オフトラック利得の精密な調節は、先行するサーボ・セクタに基いて得られた利得関数を用いる低帯域ループによつて行われる。

本発明は任意の多相システムにおいて実施可能であるが、最も望ましいのは、3つの位置誤差信号のうちの1つが非線形領域にあるとき他の2つ

チ・ヘッド・システムにおいては、ヘッド・アドレス情報に応じて対応するヘッドの幅に関連した値を有する第1の出力信号を生じる記憶手段を設け、補正手段がその第1の出力信号に応じて予定値だけ補正值を変更する様な構成にすることも考えられる。この場合、第1の出力信号を利得制御ループに直接与えることも可能である。この様な構成によれば利得制御ループのフィードバックだけによつて行われるよりも迅速な利得の補正が行われる。

複数のヘッドがディスクの領域に関して内側グループと外側グループに分けられているシステムにおいては、選択されたヘッドがどちらのグループに属するかを示す第2の出力信号を記憶手段から出し、それを利得制御ループに直接与えることによつて迅速な利得の調節を行うことも考えられる。

本発明の実施はセクタ・サーボ型の磁気ディスク装置に限定されないことが明らかである。この型の装置において本発明を実施するときには、利

が常に線形領域にある3相システムである。3つの信号の比較に基く選択信号に応じて、利得関数信号発生手段は線形範囲にある一対の位置誤差信号の振幅を組合わせる様に動作する。

これは、それぞれ3相の位置誤差信号を受け取る2つのスイッチング回路を用いると共に、1/4トラック幅毎にこれらの信号のうちのどれかを順次選択して出力として生じさせる様にスイッチング回路を制御する選択論理手段を用いることによつて実施可能である。

これらのスイッチング回路のうちの一方の出力は合成位置誤差信号であり、その振幅の絶対値を示す信号は一定の補正信号(K)と共に選択回路に与えられる。選択回路は2つの入力信号のうちの大きい方を出力として利得関数信号発生手段へ送り、後者はこの出力を他方のスイッチング手段によつて選択された位置誤差信号と組合わせる。こうして、補正值は組合わされる信号のうちの一方の線形度がある程度以上劣化する範囲内でだけ、供給される。

〔実施例〕

第1図は磁気ディスク上の2つのデータ・セクタ11及び12の間にあるサーボ・セクタ10のフォーマットを示している。サーボ・セクタ10は線13及び14で区切られている。サーボ・セクタ10及びデータ・セクタ11、12は便宜上矩形である様に描かれているが、実際にはディスク上の同心円の円弧に沿って湾曲している。

各データ・セクタの終りの書込回復フィールド20は、ユーザー・データを含んでいないが、磁気ヘッドによつて読取られる信号を処理するための読取回路が当該データ・セクタに対するデータの書込みによる影響を受けない様になるまでの時間的余裕を与える。書込回復フィールド20の後にはマーク・フィールド21がある。マーク・フィールド21はサーボ・セクタ10の始まりを示す様にコード化されている。

ディスクの回転につれてヘッドが出会う次の領域は、後で述べる様にヘッドによつて読取られた

信号を自動利得制御回路が標準化することを可能ならしめるための基準信号を与える利得基準フィールド22である。その後には、先行するマーク・フィールド21を確認するためのマーク確認フィールド23がある。これに続いてインデックス・ビット24がある。インデックス・ビットの所定値はヘッドがディスクの同心円に沿う方向の所定位置にあることを示す。

インデックス・ビット24の後には、ディスク上のデータ・トラックの半径方向位置を定めるための位置基準情報を含む3つのフィールド25、26、27がある。これらのフィールドはC相(ϕA)、B相(ϕB)、A相(ϕA)の位置基準情報を含む。この様な3相の位置基準情報は別の3つのフィールド28、29、30にも逆の順序で含まれている。2組の位置基準フィールドの間にはサンプル・エラー・フィールド31がある。

サーボ・セクタ10の終りにはガード・ビット32及びホーム・ビット33がある。ガード・ビット32は当該トラックが通常利用可能なデータ

・トラックの領域内にあるか又はデータ・トラックの周囲のガード領域内にあるかを示す。ホーム・ビット33は通常ユーザーにとって利用可能な複数のデータ・トラックのうちの1番目のものであるホーム・トラック(トラック番号0)を示す様にコード化されている。

サーボ・セクタ10はホーム・ビット33において終り、この後には次のデータ・セクタ12が続いている。データ・セクタ12は先ず初期設定及びハウスキーピングのための情報を含んでいる。

第2図は第1図のデータ・セクタ及びサーボ・セクタの1部分を幾分詳しく示している。第2図に整列している第3図はデータ・トラック0乃至3を含む狭い帯域における典型的なサーボ・セクタの部分の磁化状態を示している。第3図には、典型的なヘッド40がトラック1の上にあることも示されている。第2図及び第3図に対応している第4図は、第3図の磁化パターンがヘッド40の下を通過するにつれてヘッド40によつて検出される信号の波形を示している。この波形は重要

な特性を強調する様に理想化されている。実際には、ピークは丸みを帯びており、中間の部分も図示されているほど直線的ではない。

第3図において、黒い部分は所定方向(例えば、左から右)の磁化を表わし、白い部分は逆方向の磁化を表わしている。サーボ・セクタ12の全てのフィールドがこの2つの方向のいずれかにおいて飽和状態まで磁化されている。

第2図及び第3図から分かる様に、書込回復フィールド20、マーク・フィールド21、利得基準フィールド22、マーク確認フィールド23及びインデックス・ビット24は全て半径方向に延びる交互に極性の異なつたバーから成っている。この様なバーはディスクの利用可能な帯域の内側から外側まで延びている。これらのフィールドに応じてヘッドから生じる信号は、一方の極性から他方の極性へのトランジション42に対応するピークを有する。これらのピークの位置及び極性は、全てのサーボ・セクタにおいて一定である。但し、振幅は変化する。一方、サンプル・エラー・フ

フィールド31はトラック毎に異なつてコード化される一対のビットから成る。第3図に示されている状態のサンプル・エラー・フィールド31のビットは位置基準情報が良好であることを示している。

位置基準フィールド25、26、27は、それぞれ成る極性のバー・エレメント43と逆極性のバー・エレメント49とが交互に現われるサブセットから成る。バー・エレメント43及び49はデータ・トラック幅の1.5倍の長さを有する。これらのサブセットはデータ・トラック幅の半分ずつ順次ずれている。この様な位置基準情報のパターンは半径方向においてディスクの利用可能な帯域を横切つて繰返されている。相間のずれを明確にするために、各相について3行のバー・エレメントだけが図示されている。

バー・エレメントの行若しくは帯域間の1つおきの境界線、例えば44、45、46は、対応するデータ・トラック(この場合、トラック1、2、3)の中央線を定めている。各サブセットにおい

て、振幅は、C相及びA相の最も近い行境界線から少なくとも半トラック幅だけヘッド40が変位していることを表わしている。即ち、ヘッド40は行境界線に全く乗っていない。ヘッド40が行境界線の真上以外の場合、ヘッド40から生じる信号は部分52及び53に類似し、振幅の異なつた正及び負のピークを含む。

従つて、信号部分51、52、53におけるピーク振幅はトラック中央線を基準とする位置誤差を示すものとして利用可能である。後で第6図及び第7図を参照しながら詳しく説明する様に、一層信頼性の高い部分復調技術が用いられ、信号部分51、52、53は、第5図に示されている様な3相の位置誤差信号を生じるために、別々に整流、積分及び利得制御の処理をうける。逆相のフィールド28、29、30(第1図)に基く信号も同様に処理される。

第5図はトラック0乃至3に関連してA、B、C相パターンに基く復調された位置誤差信号A、B、Cの変化を示している。この変化は周期的で

て、同じ極性のバー・エレメント43は隣接する他の行におけるものとは1エレメントの幅だけ円周方向においてずれている。これによつて、トランジション47、48の様に隣接する2つの行に属して整列しているトランジションが同等で逆極性となるサーボ・パターンが形成される。

従つて、位置基準フィールド25、26、27のうちのいずれかに関連してヘッド40から生じる信号が0レベルのときには、ヘッド40はデータ・トラックの中央線又はデータ・トラック間の境界線上に存在する。隣接する3つのデータ・トラックのうちのどの上にヘッドが存在するかは、3相の信号のうちのどれが0レベルであるかに依存している。この例では、トラック1の中央線に対応するB相パターンの境界線44がヘッド40の下を通過するとき、ヘッド40から生じる信号は第4図の部分51で示されている様に0レベルになる。C相及びA相パターンがヘッド40の下を通過するときには、部分52及び53で示されている様な波形の信号が発生する。この信号のビ

あり、各相の信号は3トラック毎に繰返される。位置基準情報を表わすバー・エレメント43、49等の半径方向の幅はヘッド40(及びデータ・トラック)の物理的な幅よりも相当大きいので、物理的な幅と線部境界との組合わせであるヘッド40の実効幅もバー・エレメントの幅よりも十分に小さい。そのため、ヘッド40は信号の振幅や線形度をかかなり損なう隣接行からのクロストークによる影響をほとんど受けない。従つて、結果として得られる位置誤差信号A、B、Cは特にトラック中央線から $\pm 1/4$ トラック幅の範囲において非常に線形であり、この範囲を越えてもほぼ線形である。

各相の位置誤差信号は、前述の範囲を越えて半トラック幅の所まで破線60で示されている様に線形を維持するのが理想である。更に、位置誤差信号は、ヘッドが1つのバー・エレメントの行の境界線間に完全に入っている次の半トラック幅の範囲において一定振幅を維持し、次のトラック中央線の所から逆の傾斜をもつ線形の変化を開始する

のが理想である。実際には、録部磁界の影響により信号は部分61で示されている様に丸くなってしまう。マルチヘッド装置における異なつたヘッドはそれらの物理的な幅及び実効幅に応じて異なつた程度の丸みをもつた信号を生じる。しかしながら、前述の様に $1/4$ トラック幅の範囲内で十分に線形である位置誤差信号が得られることが認められた。但し、異なつたヘッドから得られる信号は同じ傾斜を有するとは限らない。任意のヘッドに関して、ディスクの半径方向の任意の位置において3相の位置誤差信号のうちから十分に線形なものが選択される。

第6図はディスクの表面に沿つて複数のヘッドの位置決めを行うシステムを示している。ディスク70は第1図乃至第3図に示されている型のサーボ・セクタ10内に位置基準情報を含む。ディスク70はヘッド39及び40のそばで矢印で示されている方向に回転する。ヘッド39及び40はそれぞれディスクの内側領域及び外側領域をカバーしており、アーム71に装着されている。ア

ーム71はモータ72によつて所定の軸線を中心として回転させられる。図示されているヘッド位置決めシステムの残りの部分は、選択される1つのヘッドから得られる信号を処理する信号処理チャネルである。このチャネルはサーボ信号とデータ信号の両方を処理するものであるが、図示されている種々の回路は主としてサーボ信号の処理のためのものである。

1つのヘッド、例えばヘッド40から端子73に生じる信号は線74を介して可変利得増幅器(VGA)75に与えられる。VGA75から生じる信号はフィルタ76においてノイズの除去を受けた後、再び増幅されてからゼロ交差検出器78及び復調器80へ送られる。後で第8図を参照して詳しく述べる復調器の基本的な機能は、入力信号の位置基準情報部分に基いて、第5図に示されている様にヘッドのオフトラック変位につれて直線的に変化する位置誤差信号を生じることである。但し、復調器80を動作させる前に、サーボ・セクタの先端にあるマーク・フィールド21を検出

することによつて、サーボ・セクタの存在を確認することが必要である。

再び第3図及び第4図を参照する。他の信号部分と違うマーク信号部分の特徴は、第4図の波形における2つの負方向ゼロ交差54間の時間間隔が独特なことである。更に、マーク信号部分は2番目の負方向ゼロ交差54から正規の時間間隔において次の負方向ゼロ交差55を有する。

マークは相次ぐ負方向ゼロ交差が正規の時間間隔で生じるかどうかを監視するマーク検出器81によつて検出される。ゼロ交差はゼロ交差検出器78によつて検出される。ゼロ交差検出器78の出力は負方向ゼロ交差の発生時にレベルを変え、予定の正の閾値においてリセットされる。マーク検出器81は位相同期発振器(PL0)83の出力に従つて動作する。発振器83の出力は2位置スイッチ84を介してマーク検出器81に与えられる。2位置スイッチ84は、各セクタの開始の直前にデコーダ91から生じるマーク検出実行信号に応じて発振器83の出力をマーク検出器81

へ通過させる。マーク検出器81はマークを検出するとマーク検出信号を線85に生じる。

マーク検出器81の構成は第7図に示されている。ゼロ交差検出器78から発生するゼロ交差信号は線120に現われ、発振器83の出力はスイッチ84を通つて線121に現われる。ゼロ交差信号はシングルショット122及びアンド回路123-2に与えられる。シングルショット122は負方向ゼロ交差によつてトリガーされる。発振器83の出力は計数器124を働かせる。デコーダ125は計数器124の計数値に応じて一連のゲート信号を生じる。これらのゲート信号のうちの2つは、マーク信号部分の最初の2つの負方向ゼロ交差54(第4図)に対応するシングルショット122の出力パルスに従つて一對のラッチ126b及び126cをセットすることを可能ならしめる様にアンド回路123-3及び123-4を付勢する。別のゲート信号は、マーク信号部分の2つの負方向ゼロ交差54間にゼロ交差がないことを確認するために、線120における高レベ

ルのゼロ交差信号に従つてラッチ126aをセットすることを可能ならしめる様にアンド回路123-2を付勢する。もう1つのアンド回路123-1は、ラッチ126a乃至126cが全てセットされる時間の後で負方向ゼロ交差に応じたシングルショット122の出力パルスをアンド回路127へ通過させる様に他のゲート信号によつて付勢される。アンド回路127は4つの入力信号が全て存在するときマーク検出信号を生じる。残りのアンド回路129、130及びオア回路128は、マーク信号部分の負方向ゼロ交差発生パターンに合致しない負方向ゼロ交差の発生及びマークが検出された後の利得基準フィールドに基く信号の負方向ゼロ交差の発生に応じて計数器124及びラッチ126a乃至126cをリセットするために設けられている。

マークが真正なものであれば、それから所定時間後に2ビットのマーク確認フィールド23が現われることになる。これらのビットは第3図及び第4図に示されている様に逆の位相関係を有する。

振出力は、復調器80による利得及び位置基準情報の同期復調のタイミングをとるために用いられるほど十分正確に各セクタの信号と同相にならないことがある。

そのため、必要に応じて始動及び停止の可能な別の発振器95が設けられている。データ・セクタの読取中、発振器95は、スイッチ84を介して伝えられる位相同期発振器83の出力を分周器96において分周したものを受けとり、それに同期する。線94にマーク検出実行信号が発生すると、スイッチ84の操作により、同期化のための信号は供給されなくなり、発振器95は動作を停止する。

マーク検出器81はマークを検出するとマーク検出信号を生じ、それによつて発振器95を当該サーボ・セクタと厳密に同相な状態で再始動させる。その後、発振器95は前に同期化された周波数で自走し、復調クロック信号(第9図)と呼ばれるパルスの列を生じる。この信号は復調器80に与えられ、且つマーク検出信号と共にプログラ

復調器80はマークの検出から所定時間後にマーク確認フィールド23に基く2つの制御ビットを生じてシフトレジスタ87に送り込む。これらの制御ビットが所定の位相反転関係を示すならば、デコーダ88は線89にマーク確認信号を生じる。

発振器83は通常の態様で位相同期信号に同期する。発振出力は計数器90を働かせ、その計数値はデコーダ91によつて解説される。デコーダ91はシステムの種々の動作のタイミングを制御するための種々の信号を母線92に生じる。これらの信号のうちの1つは線94を介してスイッチ84へ送られるマーク検出実行信号である。線94に生じる信号はマーク確認信号との位相比較のために発振器83にフィードバックされる。発振器83は2つの信号の位相差に応じて周波数を変える。発振器83は種々の目的のための安定した出力を生じなければならないので、位相シフトに対する応答は比較的遅い。従つて、発振出力は周波数の点ではマーク確認信号に同期するが、位相の点では常に同相であるとは限らない。結局、発

マブル読出専用記憶装置(PROM)97にも与えられる。PROM97は復調器80の同期復調動作を制御するための種々の選択信号(第9図)を生じる。これから復調器80の回路構成を示す第8図及び種々の信号の波形を示す第5図、第9図、第10図を参照しながら同期復調動作について説明する。

第8図において、乗算器152への線150における線形入力信号は第6図の増幅器77の出力である。発振器95から生じる復調クロック信号も線154を介して乗算器152に与えられる。第9図には典型的な復調クロック信号波形250及び線150の入力信号の典型的な部分263が示されている。復調クロック信号と入力信号部分263との乗算により、後者を整流したものに相当する波形264が得られる。

乗算器152の出力は、第6図のPROM97の出力線に対応している線156乃至164に生じる選択信号の制御の下にマルチプレクサ155の複数の出力線のうちの1つへ送られる。線15

6乃至164の信号は波形251乃至259として示されている。このうち線156乃至163の信号は順次2つずつ対になつており、各対は積分すべき整流セクタ信号の部分を指示している。

この例の場合、線158及び159のSA0及びSA1信号(第9図の波形258及び259)は、同じ時間に乗算器152に与えられる線形入力信号263がA相(ϕA)の位置基準情報27に基くものであることを示している。従つて、マルチプレクサ155は整流入力264をA相のための積分器へ導く。この積分器は相次ぐサイクルにおいて積分を行い、波形265の出力を生じる。第2のA相フィールド28に基く信号も同様に積分される。両積分出力の和は当該セクタにおけるA相位置基準情報によつて定められる基準位置からのヘッ드의ずれを表わしている。この積分出力の和は第5図の波形A上の点に対応している。

A相積分出力を生じるための積分器はマルチプレクサ155の出力段内の電流源によつて充電されるコンデンサ170を含む。電圧ホロワ171

はコンデンサ170の電圧のためのバッファとして働く。積分器はサンプルの間でスイッチ173によつてリセットされる。スイッチ173を作動する線172のリセット信号は第6図のPROM 97から発生するものであり、マーク検出信号を反転したものに相当する。B相及びC相位置基準情報に基く信号を積分して第5図の波形B及びC上の点に対応する位置誤差信号を生じるためにコンデンサ170に類似したコンデンサ174及び175が用いられている。コンデンサ174へ整流入力を導くためのSB0及びSB1信号は第9図に波形256及び257として示されており、コンデンサ175へ整流入力を導くためのSC0及びSC1信号は波形254及び255として示されている。

線形入力信号は位置基準情報の外にフィールド22からの利得基準情報を含む。この利得基準情報も乗算器152において整流される。即ち、入力信号の対応する部分と復調クロック信号との乗算によつて整流処理が行われる。SG0及びSG

1信号は整流された信号をマルチプレクサ155の出力線101にHF利得信号として生じさせる。

利得基準情報に対応する信号は第8図の回路では積分されない。整流された利得信号であるHF利得信号は線101を介して比較器102(第6図)へ送られて、後で述べる様に積分される。

マーク確認に関する制御情報(フィールド23)は予定の時間間隔をもつた一連のトランジションのシーケンスを生じる。該当する信号部分は、ST信号(第9図の波形253)によつて選択されて、乗算器152において復調クロック信号と掛け合わされる。トランジション間の時間間隔は、対応する出力パルスの極性が乗算によつて変えられない様に定められている。出力パルスは記録されている制御ビットの値に応じた正又は負のパルスである。各出力パルスはコンデンサ179によつて積分される。コンデンサ179の電圧は制御ビットの値に応じて正又は負になり、比較器180において接地レベルと比較される。比較器180の出力は線181を介してシフトレジスタ87

(第6図)へ送られる。コンデンサ179は線164のST信号が負になるときリセットされる。

3つの位置誤差信号A、B、Cの処理について説明を続けるにあつて、これらの信号はそれぞれゼロ交差点を中心として $\pm 1/4$ トラック幅の範囲内で正確に線形であることが思い起こされる(第5図)。結局、ヘッドがどの位置にあつても、3相の信号のうちの1つを線形信号として選択できる。第5図において波形62として示されている合成された線形位置誤差信号、即ち線形PES信号は、切り替え可能な電圧フォロワ190において、3相の位置誤差信号に基いて生成される。

電圧フォロワ190の切り替えは、論理回路193の出力線191及び192に生じるLIN A及びLIN B信号(第10図)によつて制御される。論理回路193は線形PES信号を生成するために電圧フォロワ(VF)190を制御する外に第10図に示されている様なPESビット1、PESビット2及びPES反転と名付けられた信号も生じる。PESビット1及びPESビット2

信号は、任意の位置において3つのトラックのどれから線形PES信号が得られているかを表わすものである。PES反転信号は線形PES信号の傾斜が正及び負のいずれであるかを表わしている。これらの信号は線形PES信号に関連して3つのトラックを含む広い範囲内のヘッドの位置を判定するのに十分な情報を含んでいる。

但し、通常のトラック追従動作中は、このような広い範囲を対象としてヘッドの位置を定める必要はなく、線形PES信号は第6図の位相補償器99へ直接送られる。位相補償器99の出力は駆動増幅器100に与えられる。駆動増幅器100は線形PES信号を0にする向きにヘッド位置決め用のモータ72を駆動する。

再び第8図を参照する。論理回路193の入力は4つの比較器194乃至197から与えられる。比較器194、195、196は、それぞれ3つの位置誤差信号のうちの2つを比較して、 $A > B$ 、 $B > C$ 、 $C > A$ の関係があるかどうかを判断する。この比較結果を示す波形は第10図に示されてい

る。もう1つの比較器197は線形PES信号が0レベルより大であるかどうかを判断した結果を表わす信号を生じる。この信号の波形も第10図に示されている。

論理回路193はこれらの入力信号に基いて第10図に示されている様な出力信号を生じる。即ち、PES反転、PESビット1、PESビット2、LINA、LINB、X及びYと名付けられた信号が発生する。これらの信号と位置誤差信号との関係は第10図から明らかである。X及びY信号は線198及び199に現われ、後で述べる様にもう1つの電圧フオロワ200を制御する。

位置誤差信号の有効性に関する検査は加算器205及び検出器206によつて行われる。理想的な状態では、位置誤差信号A、B、Cの和はヘッドの位置に拘りなく0になる。加算器205は3つの信号の和を表わす信号を生じる。この信号は検出器206において、0ボルトを中心とする電圧枠と比較される。信号レベルが電圧枠内にあれば、検出器206はPES有効信号を生じる。PES

有効信号が発生しないことは、記録媒体における位置基準情報に欠陥があることを示す。

第6図及び第8図に示されている回路の残りの部分はHF利得信号及び利得H/L信号によつて可変利得増幅器75の利得を自動的に制御することに関するものである。

第6図の回路において、ヘッドの全幅応答はHF利得信号によつて示される。前述の様に、この信号は位置基準情報の前にある利得基準情報(フィールド22)に基いている。利得基準情報を示す交互に極性の異なる半径方向バー41(第3図)は半径方向において切断されていないのでヘッドの出力は全幅応答を示す。HF利得信号としての電流は比較器102において線103の基準電流と比較される。そのために、両電流はスイッチ105を介して積分コンデンサ104に与えられる。スイッチ105はヘッドによる位置基準情報の検出に対応する時間に線98に生じる利得調節実行信号によつて閉じられる。2つの電流の差に応じてコンデンサ104が充電される。コンデ

ンサ104の電圧はR-Cフィルタを介して可変利得増幅器75の利得を制御する様に用いられる。即ち、ヘッド74から線74に与えられる信号の振幅を正規化する様に制御が行われる。線101及び比較器102によつて形成されているフィードバック・ループは同一セクタ内で達成すべき自動利得制御のための十分に高い帯域(2000乃至3000ヘルツ程度)の高周波利得制御ループである。

前に第11図を参照して述べた様に、このような通常の自動利得制御はヘッド毎のオフトラック応答の変動を修正できず、場合によつては更に悪化させる。オフトラック応答は特定のヘッドがトラックの中心線から外れているときの位置誤差信号の利得若しくは傾斜である。

オフトラック利得の過度の変動は過度の修正又は不十分な修正をもたらし、ヘッドを所望のトラックの上に正確に位置決めしてオフトラック変位を減少させるために最も高いトラック追従ループ利得を必要とする高密度トラック追従サーボ・シ

システムでは安定度が損なわれる。又、オフトラック利得の変動は、欧州公開特許出願第13326号に示されている様なトラック・アクセス・サーボ・システムにおいても問題を生じる。このサーボ・システムにおいては、標本化された位置誤差信号と連続的に得られるモデル位置誤差信号とが比較される。標本化された位置誤差信号は異なったディスク面に関連している複数のヘッドのうちのどれによつて得られた信号に基いているかに拘りなく線形であり且つほぼ一定のオフトラック利得を有することが重要である。

第6図の回路は比較器102に与える線103の基準電流を補正することによつてオフトラック利得に関する問題を解決している。補正量は復調器80において発生するLF利得信号と付加的なフィードフォワード若しくは予測的入力に依存している。

LF利得信号は第8図に示されている様な回路構成によつて得られる。本質的にLF利得信号はトラック幅変位当りの線形PES信号の変化率若

しくは傾斜、即ちオフトラック利得の値を表わしており、特定のヘッドの幅とほとんど関係がない。位置誤差信号A、B、Cの選択された部分を組合わせることによつて、任意の位置にあるヘッドに関して、この様な値に近似する信号が得られる。個々のヘッドの幅に関する情報を予め記憶しておいて、それを用いることによつて、近似の正確度を一層増すことができる。LF利得信号の波形は第5図の63によつて示されている。

LF信号の発生の説明にあたつて、第5図の3つの位置誤差信号A、B、Cの特性について考察しておくことにする。これらの信号が破線60で示される理想的な波形を有するならば、各信号の頂上平坦部の振幅はヘッドがトラック中央から半トラック幅だけ変位したときの位置誤差信号のレベル $T_w/2$ を表わしている。この場合、任意のヘッド位置において3つの信号のうちの1つは常に最高レベルになる筈であるから、所望の測定は単に適当な相の一定信号を選択し、必要に応じてそれを反転することによつて達成される。

ところで、実際には第5図において実線で示されている様に信号A、B、Cはピーク付近において丸みを帯びており、非線形である。それにも拘らず、任意のヘッド位置において $T_w/2$ の値を得ることができる。それは、3つの信号A、B、Cのうちから比較的線形なものを2つ選択して加え合わせることによつて行われる。例えば、第5図において64で示されている1/4トラック幅の位置においては、信号A及びBの方が信号Cよりも線形である。それぞれ $T_w/4$ に等しい信号A及びBの振幅を加え合わせることによつて波形63上の点65によつて示される適正な値 $T_w/2$ が得られる。1/4トラック幅の位置以外の位置では、2つの信号のうちの一方は線形範囲から逸脱するので、2つの信号の振幅を加えて得られる値は、それほど正確ではなくなる。正確度はオントラック位置において最低になる。比較的線形な2つの信号の和の軌跡は図示されている様に波形63の曲線部分66と破線部分67を含む。

オントラック位置はトラック追従動作中にヘッ

ドが位置決めされる可能性が最も高い位置であるから、この付近における不正確性を排除することが重要である。これはトラック中心線に近い領域において2つの信号の振幅関数に定数Kを加えることによつて達成される。

LF利得信号を生じるための一方の成分は電圧フォロワ200において生成される。電圧フォロワ200は線198及び199におけるX及びY信号に応じて1/4トラック幅毎に信号A、B、Cのうちの1つを出力として生じる。選択される信号は1/4トラック幅の範囲において比較的線形な2つの信号のうちの大きい方である。電圧フォロワ200の出力の波形は第5図の1番下に示されている。この出力は整流器207に与えられ、負の部分は破線で示されている様に反転され、結局、上側のエンベロープ68で示される波形の信号となる。この信号は加算器208へ送られる。

LF利得信号のもう1つの成分は電圧フォロワ190から生じる線形PES信号(第5図の波形62)から得られる。線形PES信号は整流器2

09によつて整流される。もし整流後の信号を波形68で示される整流器209からの信号にそのまま加えるならば、第5図の一番上に示されている破線の部分67を含む様な信号が得られる。しかしながら、この部分67を排除するために、整流器209の出力は選択回路211において端子210に与えられる補正電圧Kと組み合わされる。選択回路211は線形PES信号と電圧Kとの大きい方を選択して出力として生じる。この出力は波形69を有し、加算器208に与えられる。この様にして、結合される信号のうちの一方の非線形度が所定値を越える範囲においてだけ補正信号が与えられるのである。

波形68及び69で示される2つの信号は加算器208において加算されて波形63で示されるLF利得信号になる。LF利得信号は比較器212において基準電圧Rと比較される。比較器212はLF利得信号が基準電圧より高いか低いかを表わす2進出力(利得H/L信号)を生じる。

利得H/L信号は、前述の様に全てのヘッドの

D/A変換器115の他の2つの入力も基準電流の調節に関係している。この2つの入力は外部から母線116を介して記憶回路117に与えられる情報に基いて得られる。この情報はどのヘッドが選択されているかを示すものである。記憶回路117は例えば読出専用メモリやマイクロプロセッサの一部である。ディスクの内側領域と外側領域では、ヘッドの浮上高度が異なるので、ヘッドが位置づけられている環状帯域毎にオフトラック応答に差があることが予測される。選択されたヘッドが位置づけられている環状帯域はアドレスの下位のビットによつて示される。記憶回路117はこれらのビットに応じたデジタル補正値を線118に生じる。これもD/A変換器115において電流の補正のために用いる。この場合、フィードバックは用いられていないので、LF利得信号に基くフィードバック制御による補正よりも迅速な補正が行われる。

ヘッドの幅のばらつきに関しても同様な直接的補正が行われる。それは、位置誤差信号が丸みを

オフトラック応答を正規化することを目的として第3図における線103の基準電流を調節するためにフィードバックされる。このフィードバック・ループは利得の測定が行われたセクタにおいて利得を補正するほど十分に高い帯域を持っていないが、その後の複数のセクタにわたつて利得を補正するのに有効である。

利得H/L信号は線110を介してデジタル・フィルタ111へ送られる。このフィルタ111は相次ぐ1及び0のパルスに応じて4ビット・アップ・ダウン計数器112のカウントを増減させる出力を生じる。計数器112のカウント(4ビット)は、LF利得を基準電圧源からの基準電圧に復帰させるのに必要な線103の基準電流についての補正値を表わしている。カウントは線114を介してD/A変換器115へ送られ、そこで線103へ送り出される電流成分に変換される。又、D/A変換器115は基準電圧源113からの電圧に応じた一定基準電流を線103に送り出す。

帯びるのはヘッドの幅に依存しているということによる。記憶回路117はヘッド・アドレス情報に応じて、選択されたヘッドの幅に関連したデジタル補正値をD/A変換器115に通じる線119に生じる。この場合も、フィードバックは用いられていないので、迅速な補正が行われる。

ヘッドの幅に関連した補正値は別のD/A変換器120にも与えられる。D/A変換器120はこれに応じて3つのアナログ電圧のうちの1つを電圧Kとして第8図の選択回路211の端子210に与える。これによつて利得の正確度が一層向上する。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に従つて用いられるディスク上のサーボ・セクタ及び隣接するデータ・セクタの1部のフォーマットを示す図、第2図は第1図のフォーマットを部分的に拡大して示す図、第3図は第2図のフォーマットを形成する磁化パターンを示す図、第4図は第3図の磁化パターンに応じてヘッドから生じる信号の波形を示す図、第5図

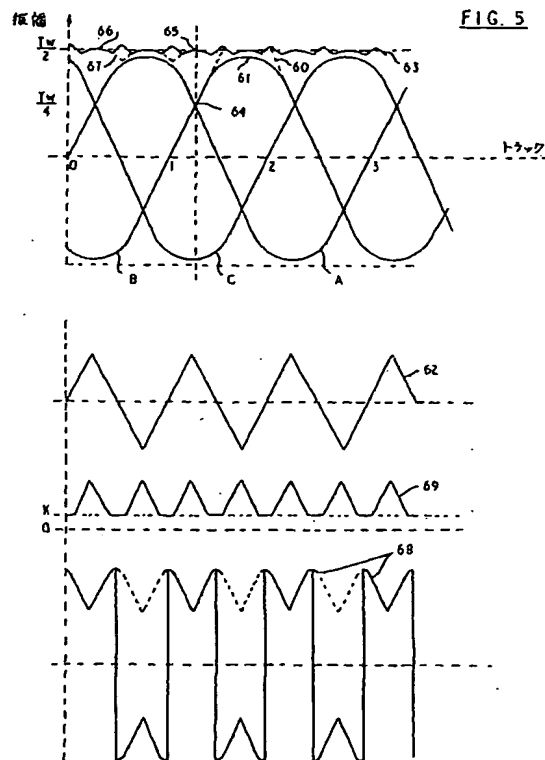
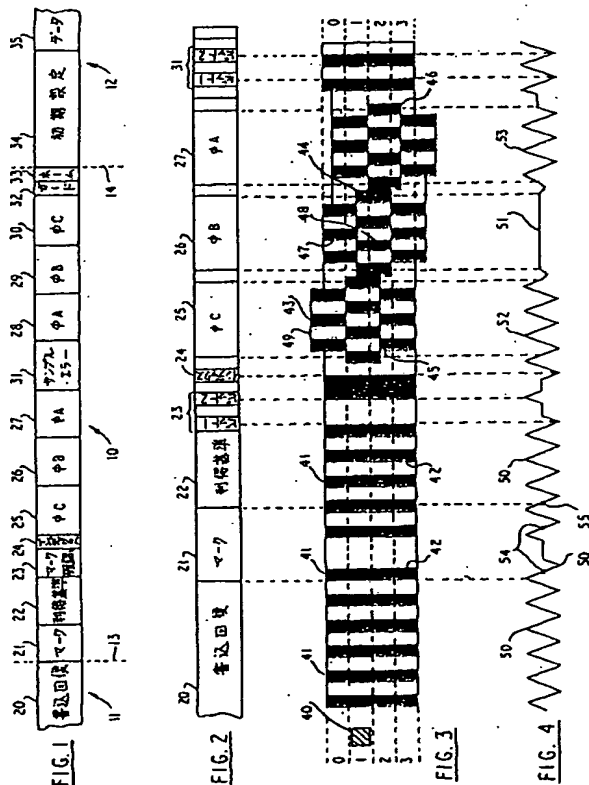
は第4図の信号から得られる3相の位置誤差信号と第6図の回路において位置及び利得の制御のために用いられる種々の信号の波形を示す図、第6図は本発明による磁気ディスク装置のヘッド位置決めシステムを示す図、第7図はマーク検出器の構成を示す図、第8図は復調器の構成を示す図、第9図は第8図の復調器8における種々のタイミングの信号及びヘッドからの信号に基づく他の信号の波形を示す図、第10図は第5図に示されているのと同等の位置誤差信号及びそれに関連して第8図の復調器において得られる種々の論理信号の波形を示す図、第11図は幅の異なるヘッドが用いられる場合に通常の自動利得制御の下で得られる位置誤差信号の傾斜の変動を示す図である。

10・・・サーボ・セクタ、11及び12・・・データ・セクタ、25乃至30・・・位置基準フィールド、39及び40・・・ヘッド、70・・・ディスク、72・・・モータ、75・・・可変利得増幅器、80・・・復調器、95・・・発振器、102・・・比較器、115・・・D/A変換器、152・・・乗算器、1

55・・・マルチプレクサ、193・・・論理回路、194乃至196・・・比較器、190及び200・・・電圧フォロワ。

出願人 インターナショナル・ビジネス・マシーンス・コーポレーション

代理人 弁理士 山 本 仁 朗
(外1名)



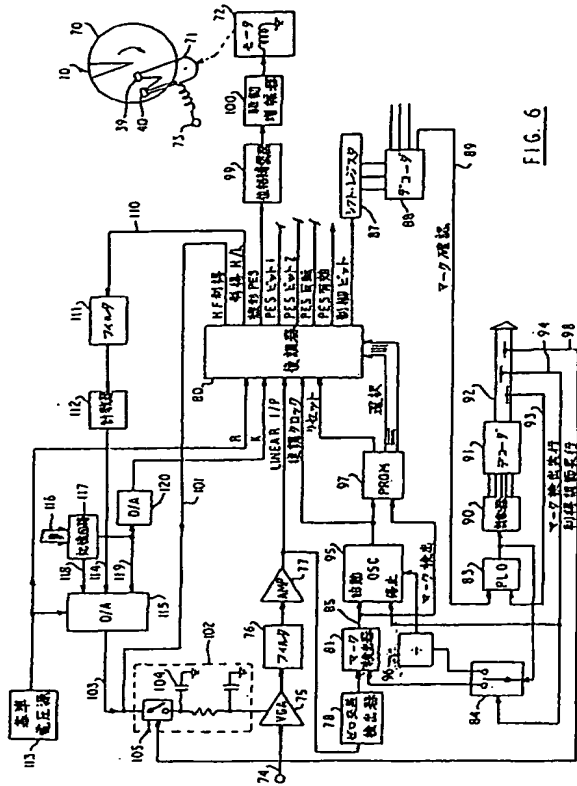


FIG. 6

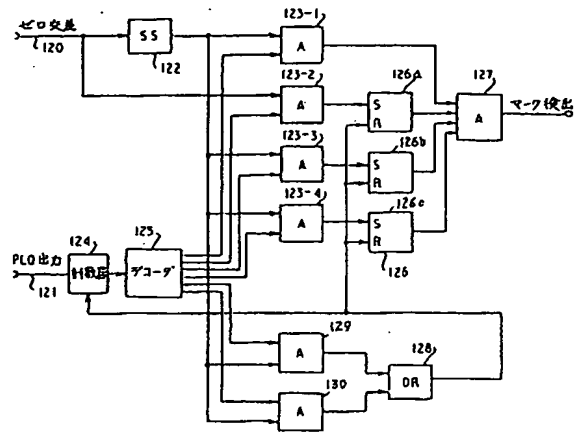


FIG. 7

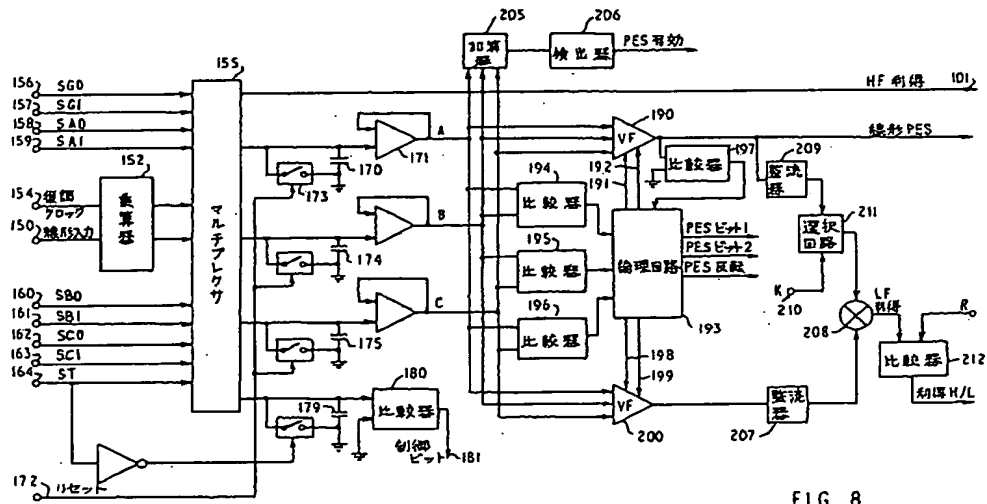


FIG. 8

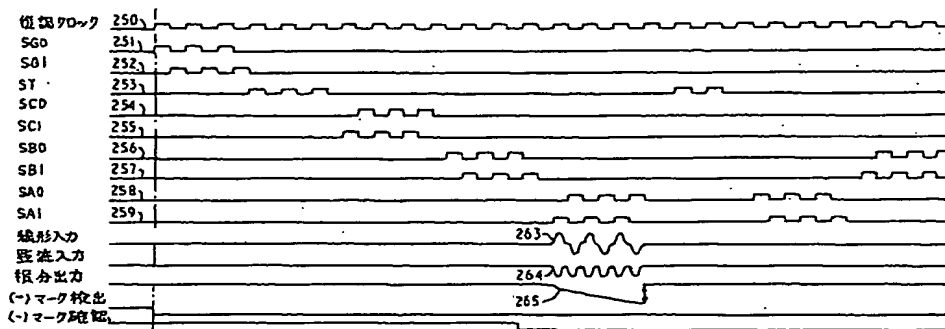


FIG. 9

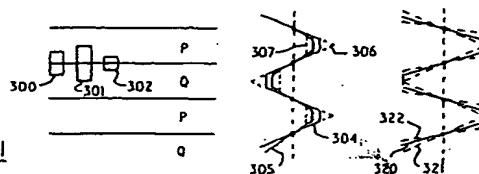


FIG. 11

FIG. 10

